

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-214363

(43) 公開日 平成8年(1996)8月20日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 Q 7/36

H 0 4 L 12/28

H 0 4 B 7/26

1 0 5 Z

H 0 4 L 11/00

3 1 0 B

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平7-36063

(22) 出願日 平成7年(1995)2月1日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 吉浦 裕

神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

(72) 発明者 水原 登

神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

(72) 発明者 浅川 久之

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株式会社日立製作所情報通信事業部内

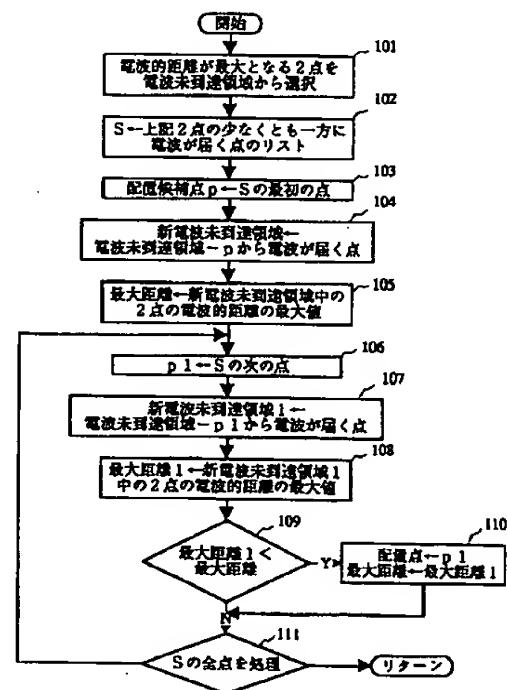
(74) 代理人 弁理士 矢島 保夫

(54) 【発明の名称】 移動無線通信における屋内基地局配置方法および屋内基地局配置システム

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 無線基地局の屋内配置設計の計算を効率化する、システムを提供する。

【構成】 配置の初期あるいは中間段階において、次の基地局配置点を選択するときに、配置の候補点 p に基地局を置いた場合の電波未到達領域を算出し 103、104、その電波未到達領域において電波が最も届きにくい点の電波到達難易度（最大距離）を算出する 105。同様に、別の候補点 p 1 に基地局を置いた場合の新たな電波未到達領域において、電波が最も届きにくい点の電波到達難易度（最大距離 1）を算出する 106～108。そして、電波未到達領域の電波到達難易度がより小さくなるような配置候補点を p と p 1 から選択する 109、110。以上を全配置候補点について繰り返すことにより、電波到達難易度が最小になるような基地局配置点を選択する。



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】データ入出力手段により建物の構造に関する情報である建物構造データを入力し、データ処理手段により上記建物構造データに基づいて該建物全域に所定品質の電波が届くように無線基地局の配置を決定し、上記データ入出力手段により上記無線基地局の配置結果を出力する、移動無線通信における屋内基地局配置方法であって、

上記建物構造データに基づいて、建物内の2点間の電波の届きにくさの程度を表す電波的距離を求めるステップと、

上記データ処理手段が配置の初期あるいは中間段階において次に配置すべき基地局の位置を決めるときに、所定品質電波の届かない領域中の2点間の電波的距離の最大値が最小になるように配置位置を選択するステップとを備えたことを特徴とする屋内基地局配置方法。

【請求項2】前記2点間の電波的距離を求めるステップは、一方の点から他方の点に電波が伝搬するときの電波強度の減衰量を推定し、この減衰量を電波的距離とする請求項1に記載の屋内基地局配置方法。

【請求項3】前記建物構造データに基づいてあらかじめ建物内に一定間隔の格子点を生成するステップを有し、前記配置位置を選択するステップは、生成された格子点の中から基地局の配置位置を選択する請求項1または2に記載の屋内基地局配置方法。

【請求項4】前記選択された個々の基地局の位置を、選択された順に表示するステップをさらに備えた請求項1に記載の屋内基地局配置方法。

【請求項5】データ入出力手段により建物の構造に関する情報である建物構造データを入力し、データ処理手段により上記建物構造データに基づいて該建物全域に所定品質の電波が届くように無線基地局の配置を決定し、上記データ入出力手段により上記無線基地局の配置結果を出力する、移動無線通信における屋内基地局配置システムであって、

上記建物構造データに基づいて、建物内の2点間の電波の届きにくさの程度を表す電波的距離を求める電波的距離算出手段と、

上記データ処理手段が配置の初期あるいは中間段階において次に配置すべき基地局の位置を決めるときに、所定品質電波の届かない領域中の2点間の電波的距離の最大値が最小になるように配置位置を選択する配置点選択手段とを備えたことを特徴とする屋内基地局配置システム。

【請求項6】建物内の全域に所定品質の電波が届くように無線基地局の配置を決定し、その配置結果を出力する移動無線通信における屋内基地局配置システムであって、

建物内の基地局配置候補点のデータを入力するためのデータ入力手段と、

## 2

上記基地局配置候補点のすべての対に関して、その対の2つの基地局配置候補点間の電波の届きにくさの程度を表す電波的距離を求め、電波的距離データとして記憶する電波的距離算出手段と、

上記基地局配置候補点間の電波的距離データに基づいて、各基地局配置候補点ごとに、該基地局配置候補点から所定品質の電波が届く範囲を求め、電波到達ゾーンデータとして記憶するゾーン推定処理手段と、

上記基地局配置候補点の中から次の配置点の候補を一つ選択し、上記電波的距離データおよび上記電波到達ゾーンデータに基づいて、該選択した基地局配置候補点に基地局を配置した場合の電波未到達領域および該電波未到達領域中の2点の電波的距離の最大値を求め、これを各基地局配置候補点に対して繰り返し、電波未到達領域中の2点間の電波的距離の最大値が最小になるような基地局配置候補点を次の基地局の配置点として決定する配置点選択手段とを備えたことを特徴とする屋内基地局配置システム。

【請求項7】建物内の全域に所定品質の電波が届くように無線基地局の配置を決定し、その配置結果を出力する移動無線通信における屋内基地局配置システムであって、

建物の構造に関する情報である建物構造データを入力するためのデータ入力手段と、

上記建物構造データに基づいて、あらかじめ建物内に一定間隔の格子点を生成し格子点データとして記憶する格子点生成手段と、

上記生成した格子点のすべての対に関して、その対の2つの格子点間の電波の届きにくさの程度を表す電波的距離を求め、電波的距離データとして記憶する電波的距離算出手段と、

上記格子点間の電波的距離データに基づいて、各格子点ごとに、該格子点から所定品質の電波が届く範囲を求め、電波到達ゾーンデータとして記憶するゾーン推定処理手段と、

上記格子点の中から次の配置点の候補を一つ選択し、上記電波的距離データおよび上記電波到達ゾーンデータに基づいて、該格子点の候補に基地局を配置した場合の電波未到達領域および該電波未到達領域中の2点の電波的距離の最大値を求め、これを各配置点の候補に対して繰り返し、電波未到達領域中の2点間の電波的距離の最大値が最小になるような配置点の候補を次の基地局の配置点として決定する配置点選択手段とを備えたことを特徴とする屋内基地局配置システム。

【請求項8】前記配置点選択手段により基地局の配置点が決まるごとに該配置結果を表示する手段をさらに備えた請求項5、6、または7に記載の屋内基地局配置システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、移動無線通信における屋内基地局のレイアウト方法およびそのシステムに関し、さらに詳しくは、指定された建物内の何れの場所においても所定品質の電波が届くように無線通信の基地局を配置する方法およびシステムに関する。

#### 【0002】

【従来の技術】携帯電話や無線LAN（ローカル・エリア・ネットワーク）などの移動無線通信システムは、固定位置にある基地局と利用者が持ち歩く移動局とから構成され、これらの間で無線により音声やデータを送受信する。そこで、この種の移動無線通信システムにおいて良好な通信を行うためには、以下の条件を満たす必要がある。

【0003】（１）移動局を持った利用者がサービスの対象となる建物内のどこに行っても、基地局から移動局へ一定品質の電波が届く。

【0004】（２）移動局を持った利用者がサービスの対象となる建物内のどこに行っても、移動局から基地局へ一定品質の電波が届く。

【0005】電波の伝搬においては、例えば、「電気力学」、培風館（1973年）発行、第120頁から第122頁に示されるように、双対原理が成り立ち、地点Aから地点Bに一定品質の電波が伝搬可能ならば、地点Bから地点Aへも同じ品質の電波が伝搬可能である。そこで、上記条件（１）および（２）は、（１）に集約される。一方、設備価格や保守費用の観点から、より少ない基地局数で上記条件を満たしたいという要求がある。

【0006】以上より、指定された建物内全域に基地局から所定品質の電波が届くように、できるだけ少数の基地局を配置する必要がある。

【0007】システムの設置条件によっては、建物内全域でなく、その内の指定された面積率以上の場所に所定品質の電波が届くよう配置する場合もあるが、この問題は、上記建物全域に所定品質電波が届くよう配置する問題の変形であり、全域電波到達がシステム設置の基本的課題である。

【0008】従来、この種の配置問題に対しては、例えば、コンピュータ エイディッドデザイン第13巻第5号（1981）第289頁から第298頁（Computer-Aided Design, Vol. 13, No. 5 (1981) pp. 289-298）に論じられているように、配置の候補点として、対象エリア内に一定間隔の格子点を生成し、格子点の集合から配置点の組合せを探索していた。無線基地局の配置の場合には、指定された建物内に格子点を生成し、格子点の集合から、建物内全域に所定品質電波が届き最小個数であるような配置点の組合せを探索することになる。この探索は、配置点の組合せを多数生成し、全域電波到達の判定と個数の比較により、その中から最適な組合せを選択することにより実現される。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、格子点の間隔が大きすぎると最適な配置点を逃す恐れがある。例えば、曲がった廊下の場合、両方向に電波を届かせるためには曲り角に基地局を配置するのが望ましいが、格子点間隔が大きすぎると、格子点が曲り角に生成されない恐れがある。そこで、格子点間隔は、高々2m程度にする必要がある。通常の建物は1辺が数十mから数百mであるため、数百から数千の格子点が生成される。

10 【0010】格子点毎にそこを配置点とするかしないかの二つの可能性があるため、配置点の組合せは2の格子点数乗通り可能である。そこで、配置点の可能な組合せを全て生成、比較するには、天文学的な計算時間が必要である。例えば、格子点数が1000の場合、2の1000乗（すなわち10の300乗）通りの組合せを生成、比較する必要がある。

20 【0011】これに対し、例えば、アーティフィシャルインテリジェンス、アディソン・ウェスレイ（1984）第87頁から第136頁（Artificial Intelligence, Addison-Wesley (1984) pp. 87-pp. 136）に示されるような探索効率化技術を用いることが可能である。例えば、建物全域に電波が届くような個数nの組合せが一旦見つかったならば、以後の処理において個数がnより大きな組合せを無視するといった効率化が可能である。

【0012】しかし、これらの探索効率化技術を用いても、上記2の1000乗規模の組合せに係る処理に対しては不十分である。このように、従来技術によると、実用的な処理時間内で配置を求めることが困難であるという問題点があった。

30 【0013】また上記のように、従来技術では、配置点の組合せを多数生成、比較し、その中から条件を満たす個数最小の組合せを選択していた。したがって、ある点に基地局を配置するかどうかの最終的な結論は処理がすべて終了するまで判明しないため、そのような処理の経過すなわち配置点の組合せを生成、比較する様子を表示したとしても、利用者（配置設計者）には、処理がどこまで進行しているか理解できなかった。

40 【0014】本発明の第一の目的は、無線基地局の屋内配置設計の計算を効率化し、実用的な時間内での配置計算が可能な無線基地局配置方法およびシステムを提供することである。また、本発明の第二の目的は、配置処理の進行状況を利用者に理解できるように表示可能な無線基地局配置方法およびシステムを提供することである。

#### 【0015】

50 【課題を解決するための手段】上記第一の目的を達成するために、本発明は、建物全域に所定品質の電波が届くように無線基地局の配置（すなわちその個数と位置）を決定する無線基地局配置方法およびそのシステムにおいて、建物内の2点間の電波の届きにくさの程度（電波的距离）を求めるステップを有し、配置の初期あるいは中

## 5

間段階において次に配置すべき基地局の位置を決めるときに、所定品質電波の届かない領域中の 2 点間の電波距離の最大値が最小になるように配置位置を選択することを特徴とする。

【0016】上記第二の目的を達成するために、本発明は、上記選択された個々の基地局の位置を、選択された順に表示することを特徴とする。

【0017】

【作用】図 2 のような建物フロアおよび基地局配置結果を考える。図は平面図とする。図の外周となる長方形はフロアの外周を表し、長方形内の二つの直線は電波障害物を表す。フロア内の黒丸は配置された基地局、斜線部分はこの基地局からの所定品質電波の到達範囲を表す。図に示すように、この例では、2 個の基地局でフロア全域に電波を届かせることができる。

【0018】図 3 は、同じフロアに対する配置の中間結果の例を表す。この中間結果の場合、フロアの右上と左下に電波未到達領域が飛地的に残っているため、フロア全域の電波を届かせるためにさらに 2 個の基地局を配置する必要があり、合計 3 個の基地局配置となる。

【0019】このように、無線基地局配置において、余分な基地局が必要になるのは、建物内の電波の届きにくい場所に電波未到達領域が飛地的に残り、これをカバーしなければならない場合である。そこで、電波の届きにくい場所に優先的に電波を届かせるように基地局を配置すれば、最小あるいは最小に近い基地局数で建物全域に電波を届かせることができる。

【0020】電波の届きにくい場所に電波を届かせるとは、言い替えれば、処理の初期あるいは中間段階で、次に配置すべき基地局の位置を決めるときに、電波の届きにくい場所に電波未到達領域ができるだけ残らないように配置位置を決めることである。この処理を実現するためには、「電波の届きにくい場所に電波未到達領域ができるだけ残らない」ということを明確化する必要がある。

【0021】まず、電波の届きにくい場所を明確化する。電波の届きにくさは、絶対的なものではなく、相対的なものである。すなわち、ある一つの地点 P1 に電波が届きにくいのではなく、二つの地点 P1 と P2 の場所の間で電波が届きにくいのである。その電波の届きにくさは、例えば、P1 から P2 へ電波が伝搬するときの電波の減衰量で表すことができる。この二点間の電波の届きにくさを二点間の電波距離と呼ぶことにすると、建物内の電波未到達領域の中で電波距離が最大となるような二点が、最も電波の届きにくい地点である。そこで、上述の「電波の届きにくい場所に電波未到達領域ができるだけ残らない」は、「電波未到達領域中の二点の電波距離の最大値を最小にするように基地局を配置すること」と言える。

【0022】以上から、配置の初期あるいは中間段階に

## 6

において次に配置すべき基地局の位置を決めるときに、所定品質電波の届かない領域中の 2 点間の電波距離の最大値が最小になるように配置位置を選択することにより、基地局数が実質的に最小となる配置を求めることができる。上述の本発明の構成は、以上のような原理に基づくものである。

【0023】本発明の方法あるいはシステムによれば、処理の各段階で次の基地局の位置は一意に決まるので、配置点の組合せを一意的に求めることができ、多数の組合せを生成、比較する必要がない。そこで、配置の計算時間を著しく短縮できる。また、基地局の配置点が決まるたびに、その時点での配置および建物全域のうちの電波到達部分を表示することにより、利用者は配置処理がどの程度進行しているか理解することができる。

【0024】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。図 4 は、本発明を実施するためのハードウェアの一構成例である。

【0025】図 4 において、入出力端末 401 は、建物構造データおよび各種コマンドの入力操作と基地局配置の中間および最終結果の出力表示のための入出力端末である。入出力端末 401 は、建物構造データおよびコマンドを入力して中央処理装置 402 に渡し、建物全域に所定品質の電波が届き基地局数が最小となる基地局配置の中間および最終結果を中央処理装置 402 から受け取って表示画面に出力する。

【0026】中央処理装置 402 は、入出力端末 401 から建物構造データを受け取ると、これを記憶装置 403 に格納する。また中央処理装置 402 は、利用者から配置処理の起動コマンドを受け取ると、記憶装置 403 から建物構造データを取り出し、建物全域に所定品質の電波が届き基地局数が最小となるように、基地局の個数と位置を算出する。この処理での個々の基地局の位置決定において、所定品質電波の届かない領域中の 2 点間の電波距離の最大値を予測し、この値が最小になるように基地局位置を選択する。また、個々の基地局位置決定毎に、配置の中間結果を入出力端末 401 に出力する。

【0027】図 5 は、本発明を実施するためのソフトウェアの機能とデータの関係の一例を示す。

【0028】ブロック 501 は、中央処理装置 402 が実行するプログラムの機能を表し、入出力処理 502、制御処理 503、格子点生成処理 504、電波距離算出処理 505、ゾーン推定処理 506、配置点選択処理 507、および配置表示処理 508 を含む。ブロック 509 は、記憶装置 403 により実現されるメモリ機能を表し、建物メモリ 510、格子点メモリ 511、距離メモリ 512、ゾーンメモリ 513、および配置メモリ 514 から成る。

【0029】入出力処理 502 は、入出力端末 401 から建物構造データを読み込み、これを建物メモリ 510

に格納する。また、入出力処理502は、同じく入出力端末401から配置処理起動コマンドを読み込み、これを制御処理503に通知する。さらに、入出力処理502は、配置表示処理508から配置結果を読み込み、これを入出力端末401に出力して表示する。

【0030】制御処理503は、入出力処理502から配置処理起動コマンドを通知されると、格子点生成処理504を起動して、基地局配置の候補点および仮想的な受信点を生成する。本実施例では、一定間隔の格子点をもって配置候補点と仮想受信点を兼ねる。次に、制御処理503は、電波的距離算出処理505を起動して、格子点間の電波の届きにくさすなわち電波的距離を算出し、ゾーン推定処理506を起動して、各格子点からの所定品質電波の到達範囲(ゾーン)を推定する。次に、制御処理503は、配置点選択処理507と配置点表示処理508を交互に起動して、基地局配置点の一つ求める度に、配置の中間あるいは最終結果を表示する。制御処理503の処理の詳細については後述する。

【0031】格子点生成処理504は、建物メモリ510中の建物構造データを参照して、建物内部に一定間隔の格子点の集合を生成し、これを格子点メモリ511に格納する。電波的距離算出処理505は、格子点メモリ511から格子点の情報を取り出し、全ての格子点の対 $p1, p2$ に関して、格子点 $p1$ から格子点 $p2$ に電波が到達するときの電波の減衰量を推定し、この値を $p1, p2$ 間の電波的距離として距離メモリ512に格納する。この電波減衰量の推定は、例えば、ネットワークマガジン第5巻第6号(1991)第27頁から30頁(Network Magazine, Vol.5, No.6(1991)pp.27-30)に論じられているような電波シミュレーション技術により実現できる。

【0032】ゾーン推定処理506は、上記格子点間の電波減衰量に基づいて、各格子点毎にそこから所定品質の電波が届く格子点の集合を求め、これを格子点からの電波到達ゾーンとしてゾーンメモリ513に格納する。配置点選択処理507は、配置の初期あるいは中間状態において、格子点の中から次の配置点の一つ選択し、配置メモリ514に格納する。このとき、ゾーンメモリ513から格子点毎の電波到達ゾーンを参照して、ある格子点に基地局を配置した場合の電波未到達領域を推定し、距離メモリ512から電波未到達領域中の格子点の間の電波的距離を参照して、電波未到達領域中の電波的距離の最大値を算出することにより、この最大値が最小になるように配置点を選択する。この処理の詳細については後述する。

【0033】配置表示処理508は、配置メモリ514から基地局配置点を読み出し、さらにこの配置点からの電波到達ゾーンをゾーンメモリ513から読み出し、配置の中間あるいは最終結果として、基地局の位置とそこからの電波到達ゾーンを表示する。

【0034】建物メモリ510は、建物の構造を表すデータ(建物構造データ)を記憶する。格子点メモリ511は、配置候補点および仮想受信点となる格子点の番号およびその座標を表すデータ(格子点データ)を記憶する。距離メモリ512は、全ての格子点の対の間の電波的距離を表すデータ(電波的距離データ)を記憶する。このデータ形式については後述する。ゾーンメモリ513は、各格子点について、そこから所定品質電波の届く格子点の集合を、電波到達ゾーンデータとして記憶する。配置メモリ514は、配置結果である基地局配置点の格子点番号と座標を記憶する。

【0035】図6は、距離メモリ512のデータ形式を表す。本データは、行と列がそれぞれ格子点の識別子(番号)であるような行列の左下半分に相当する。行列の $ij$ 要素 $dij$ は、格子点 $i$ と格子点 $j$ の間の電波的距離を表す。

【0036】次に、図7を用いて制御処理503の動作を詳細に説明する。

【0037】まず、格子点生成処理504を起動して、当該建物の中に一定間隔の格子点を生成する(ステップ701)。次に、電波的距離算出処理505を起動して、格子点間の電波的距離を算出し(ステップ702)、ゾーン推定処理506を起動して、各格子点について、そこから電波の届く格子点の集合を求める(ステップ703)。

【0038】次に、電波未到達領域の初期値として、全格子点すなわち建物内全領域を代入する(ステップ704)。次に、電波未到達領域が空であるかどうかを判定する(ステップ705)。最初は、Noである。次に、配置点選択処理507を起動して、全格子点の集合から基地局配置点 $p$ の一つ選択する(ステップ706)。ステップ706の詳細については後述する。次に、配置表示処理508を起動して、この時点での配置結果を表示する。最後に、ステップ708で、基地局配置点 $p$ から電波の届く格子点集合を電波未到達領域から除いた後、ステップ705の判定に戻る。

【0039】次に、図1を用いて配置点選択処理507の動作(図7ステップ706)を詳細に説明する。

【0040】まず、距離メモリ512中の格子点間電波的距離データ(図6)を参照して、電波未到達領域に含まれる全ての格子点の対に関して、その間の電波的距離を取り出し、電波的距離が最大であるような格子点の対を選択する(ステップ101)。

【0041】次に、選択した二点のうち少なくとも一方に所定品質の電波が届く格子点のリストを求め、変数 $S$ に代入する(ステップ102)。「従来の技術」で述べたように電波伝搬には双対原理が成り立つため、二点のうち少なくとも一方に電波が届く点は、二点のうち少なくとも一方から電波が届く点に等しい。そこで、ゾーンメモリ513を参照して、ステップ101で選択した二



点から電波が届く格子点集合をそれぞれ取り出し、二つの集合の和を求めることにより、Sを算出できる。

【0042】Sは、基地局配置点候補の集合である。なぜなら、S以外の点に基地局を配置しても、上記二点のいずれにも所定品質の電波が届かない。したがって、配置後の電波未到達領域は依然として上記二点を含み、その電波的距離の最大値は配置前に比べて小さくならないことになる。一方、S中の何れかの点に基地局を配置すれば、配置後の電波未到達領域は上記二点を含まないの  
10ので、その電波的距離の最大値は配置前に比べて小さくなる。そこで、電波未到達領域中の電波的距離の最大をより小さくするという本発明の基本原理に基づき、配置点は候補点の集合Sの中から選択することとしている。

【0043】次に、Sの最初の点pを基地局配置点の候補とする（ステップ103）。pに基地局を配置した場合の新たな電波未到達領域は、pから電波の届く格子点集合を電波未到達領域から除いた領域である。この領域を求め、新電波未到達領域という変数に代入する（ステップ104）。pに基地局を配置した場合の電波未到達領域中の電波的距離の最大値は、新電波未到達領域中の  
20電波的距離の最大値である。そこで、ステップ101と同様の処理により、この値を求め、最大距離という変数に代入する（ステップ105）。

【0044】次に、Sの次の点p1を基地局配置点の別候補とする（ステップ106）。ステップ107、108により、p1に基地局を配置した場合の電波未到達領域中の電波的距離の最大値を求め、最大距離1という変数に代入する。

【0045】次に、ステップ108で生成した最大距離1とステップ105で生成した最大距離とを比較する  
30（ステップ109）。最大距離1が最大距離より小さいということは、p1に基地局を配置する方が、pに配置するよりも、電波未到達領域中の電波的距離の最大値が小さくなることを意味する。そこで、最大距離1が最大距離より小さい場合には、pの代わりにp1を新たな配置点の候補pとし、最大距離1を新たな最大距離とする（ステップ110）。

【0046】最後に、Sの全ての点を調べ終ったかどうかを判定する（ステップ111）。全ての点を調べ終った場合にはリターンし、そうでない場合には、ステップ  
40106に戻ってSの次の点を調べる。

【0047】以下、以上説明した配置方法により基地局数最小のレイアウトが算出できることを、図8～図11を用いて説明する。

【0048】実際の建物は3次元であるが、ここでは説明の簡略化のために2次元とする。すなわち、建物の外周および内部の壁は高さが無限大であるとする。また、電波的距離は電波減衰量の値で表すものとし、所定品質電波とは電波減衰量が50dB以下の電波であるとする。すなわち、二点間の電波的距離が50以下の場合  
50

に、所定品質電波が届くとする。

【0049】図8は、建物フロアの例であり、データとしては6本の直線（直線が建物の外周および内部の壁を表す）で表される。このフロアデータが、図4の入出力端末401から入力されたとする。まず、入出力処理502が、入力されたフロアデータを建物メモリ510に格納する。利用者が、配置処理の起動コマンドを与えると、入出力処理502が制御処理503にコマンドを通知する。制御処理503は、格子点生成処理504を起動して、フロア内に格子点を生成する（図7ステップ701）。図9は、フロア内に生成された格子点の例を示す。図中、・が格子点を示し、各格子点近傍に付された番号は当該格子点の識別子を示す。

【0050】制御処理503は、電波的距離算出処理505を起動して、全ての格子点の対に関して、電波的距離を算出し（ステップ702）、ゾーン生成処理506を起動して、各格子点に関して、そこから所定品質電波が届く格子点の集合を求める（ステップ703）。次に、電波未到達領域に全格子点の集合すなわち{1, 2, 3, …, 24}を代入する（ステップ704）。次に、電波未到達領域が空かどうか判定する（ステップ705）。ここではNoとなる。

【0051】次に、配置点選択処理507を起動して、全格子点集合から基地局配置点pを一つ選択する（ステップ706）。この処理の詳細を、図1により説明する。

【0052】配置点選択処理507は、まず、電波的距離が最大となる二点を電波未到達領域（全格子点集合）から選択する（ステップ101）。電波的距離は、二点間を電波が伝搬するときの電波減衰量である。ここでは、格子点4と格子点21との間が、幾何学的な距離が最も遠く、さらに、二つの壁に隔てられているため、最も電波の減衰が大きい。そこで、この二点が選択される。

【0053】次に、配置点選択処理507は、格子点4と格子点21の少なくとも一方に電波が届く点のリストを求め、Sに代入する（ステップ102）。格子点4に電波が届く点は{4, 8, 12, 16, 20, 24}であり、格子点21に電波が届く点は{1, 5, 9, 13, 17, 21}である。そこで、S={1, 4, 5, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 20, 21, 24}となる。

【0054】次に、基地局配置の候補点pにSの最初の点1を代入する（ステップ103）。点1から電波が届く点は4, 8, 12以外の全ての点である。そこで、点1から電波が届く点の集合を電波未到達領域から除いた結果は{4, 8, 12}であり、これを新電波未到達領域に代入する（ステップ104）。最大距離は、点4と点12の電波的距離である。ここでは、点4と点12との間の電波減衰量が10dBとすると、最大距離は10

となる(ステップ105)。

【0055】次に、基地局配置の別候補点p1にSの次の点4を代入する(ステップ106)。点4から電波が届く点は、前記したように{4, 8, 12, 16, 20, 24}である。そこで、新電波未到達領域1はそれ以外の全ての点となる(ステップ107)。そして、最大距離1は点3と点21との電波的距離であり、例えば80となる(ステップ108)。ステップ109では、最大距離1(現在値は80)が最大距離(現在値は10)より大きい判定結果はNoとなる。ステップ111では、未だSの全点を処理していないので判定結果はNoとなる。

【0056】次に、基地局配置の別候補点p1にSの次の点5を代入する(ステップ106)。点5から電波が届く点は、点1から電波が届く点と同じであるので、新電波未到達領域1と新電波未到達領域とは一致し、最大距離1と最大距離とは一致することになる。したがって、ステップ109の判定結果はNoとなり、ステップ111を経てステップ106に戻る。次の別候補点p1は点8であるが、点8から電波が届く点は点4から電波が届く点と同じであるので、上述の別候補点p1が点4である場合と同じ結果となる。

【0057】次に、基地局配置の別候補点p1にSの次の点9を代入する(ステップ106)。点9からは点4および点8以外の全ての点に電波が届くため、新電波未到達領域1は{4, 8}となる(ステップ107)。最大距離1は、点4と点8の電波的距離であり、例えば5となる(ステップ108)。これは、上記点4と点12の電波的距離(最大距離の現在値、すなわち10)よりも小さい。最大距離1が最大距離よりも小さいので、ステップ109の判定結果がYesとなり、pに点9、最大距離に5が代入される。

【0058】以下、同様にしてSの残りの格子点についても処理していく。Sの全ての格子点を処理すると、ステップ111でYesとなり、リターンする。ここでは、pには点9が代入されたままである。

【0059】次に、制御処理503が、配置表示処理508を起動して、点9に基地局が配置された様子を表示する(ステップ707)。図10に、この表示が為された状態を示す。次に、p(現在は点9)から電波の届く格子点集合を電波未到達領域から除いた結果を、新たに電波未到達領域とする(ステップ708)。ここでは、電波未到達領域が{4, 8}となる。次に、ステップ705の判定でNoとなる。

【0060】次に、図1で説明した配置点選択処理507を再び起動する(ステップ706)。配置点選択処理507では、まず電波未到達領域{4, 8}から、電波的距離が最大となる二点を選択する(ステップ101)。ここでは、電波未到達領域が点4と点8のみを含むので、この二点を選択する。

【0061】次に、点4と点8の少なくとも一方に所定品質電波が届く点の集合を求め、Sに代入する(ステップ102)。ここでは、{4, 8, 12, 16, 20, 24}となる。次に、pにSの最初の点である点4を代入する(ステップ103)。p(すなわち点4)から点8に電波は届くので、新電波未到達領域は空となり(ステップ104)、最大距離は0となる(ステップ105)。

【0062】次に、p1にSの次の点である点8を代入する(ステップ106)。新電波未到達領域1は空となり(ステップ107)、最大距離1は0となる。ステップ109、111はいずれもNoとなる。同様のループを繰り返す。最終的に、pに点4が代入された状態でリターンする。

【0063】次に、制御処理503が、配置表示処理508を起動して、点1および点4への基地局配置結果を表示する(ステップ707)。図11に、この表示が為された状態を示す。次に、点4から電波の届く点の集合を、電波未到達領域すなわち{4, 8}から除いた結果を、新たな電波未到達領域とする(ステップ708)。ここでは、電波未到達領域が空になる。そして、ステップ705がYesと判定し、処理を終了する。最終的な基地局配置点は点4と点9の二点である。

【0064】従来方式では、図9の24個の格子点から配置点の組合せを網羅的に生成し、フロア全域に電波が届きかつ個数が最小であるような組合せを選択していた。例えば、まず、個数1の配置点の組合せ{1}、{2}、・・・{24}を次々に生成する。そのそれぞれについて電波の届く範囲を判定する。一つの配置点ではフロア全域に電波を届かせることはできないので、この組合せは全て棄却される。次に、個数2の組合せ{1, 2}、{1, 3}、{1, 4}、・・・{1, 24}、{2, 3}、{2, 4}、・・・{2, 24}、{3, 4}、・・・{3, 24}、{4, 5}、・・・{4, 8}、・・・を生成し、やはりそのそれぞれの組合せについて電波の届く範囲を判定する。この例では、{4, 9}を生成して判定した時点で解を得ることになる。この例題では格子点数が24であり、基地局配置数が2であるため、従来方法でも、膨大な組合せを生成する必要がなかったが、実際には、格子点数が数千、基地局配置数が10個以上であるため、天文学的な組合せを生成する必要がある。

【0065】これに対し、本実施例によると、個々の配置点を意的に求めることができ、配置点の組合せを生成する必要がない(例えば、上記のような2個の配置点の組合せを生成する必要がない)。そこで、格子点数、および基地局配置数が大きいても、計算時間が組合せ的に増大することはない。このように、本発明によると、移動無線通信の屋内基地局配置処理の時間を著しく削減

50 できる。

【0066】また、従来方法によると、多数の配置の組合せを生成するので、この組合せを逐次表示しても、利用者には、処理がどこまで進行しているか理解できなかった。これに対し本実施例によれば、配置を一意的に求めていくので、基地局を一つ配置する毎に基地局位置と電波到達領域とを表示することができ、利用者は配置の進行状況を把握できる。

【0067】なお、上記実施例では建物内に所定間隔で格子点を生成し、その格子点を基地局を配置する候補として処理しているが、格子点を生成せずに、あらかじめ決められている配置の候補点のデータを入力して処理するようにしてもよい。この場合は、上記実施例の格子点の代わりに、与えられた配置候補点を用いて同様に処理すればよい。

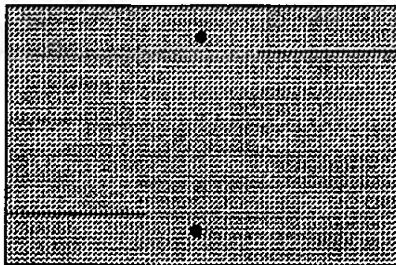
【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、指定された建物全域に所定品質の電波が届くように無線基地局の配置を決定する方法およびシステムにおいて、従来より著しく短い計算時間で基地局数最小の配置を求めることができる。また、配置の進行状況を利用者に理解できるように表示することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施するための情報処理システムにおける基地局配置点選択処理の詳細を示すフローチャート

【図2】



図。

【図2】建物と基地局配置結果の一例を示す図。

【図3】建物と基地局配置中間結果の一例を示す図。

【図4】本発明を実施するための情報処理システムのハードウェア構成図。

【図5】本発明を実施するための情報処理システムにおける主要部の一実施例を示す機能構成図。

【図6】格子点間の電波的距離に関するデータの一例を示す図。

【図7】本発明を実施するための情報処理システムにおける制御処理の詳細を示すフローチャート図。

【図8】建物の一例を示す図。

【図9】建物内に生成された格子点の例を示す図。

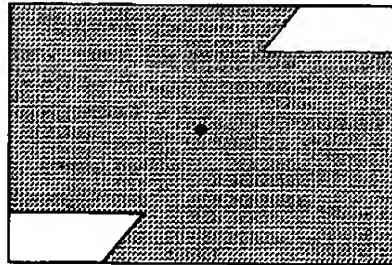
【図10】基地局配置中間結果の一例を示す図。

【図11】基地局配置結果の一例を示す図。

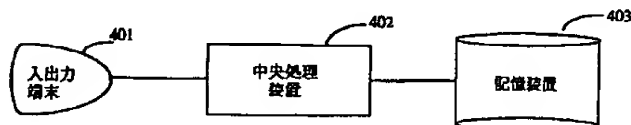
【符号の説明】

401…入出力端末、402…中央処理装置、403…記憶装置、502…入出力処理、503…制御処理、504…格子点生成処理、505…電波的距離算出処理、506…ゾーン推定処理、507…配置点選択処理、508…配置表示処理、510…建物メモリ、511…格子点メモリ、512…距離メモリ、513…ゾーンメモリ、514…配置メモリ。

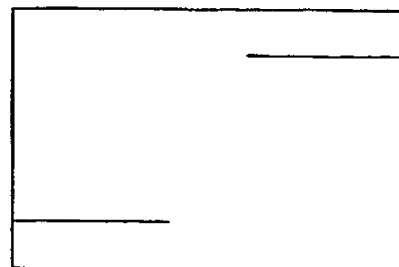
【図3】



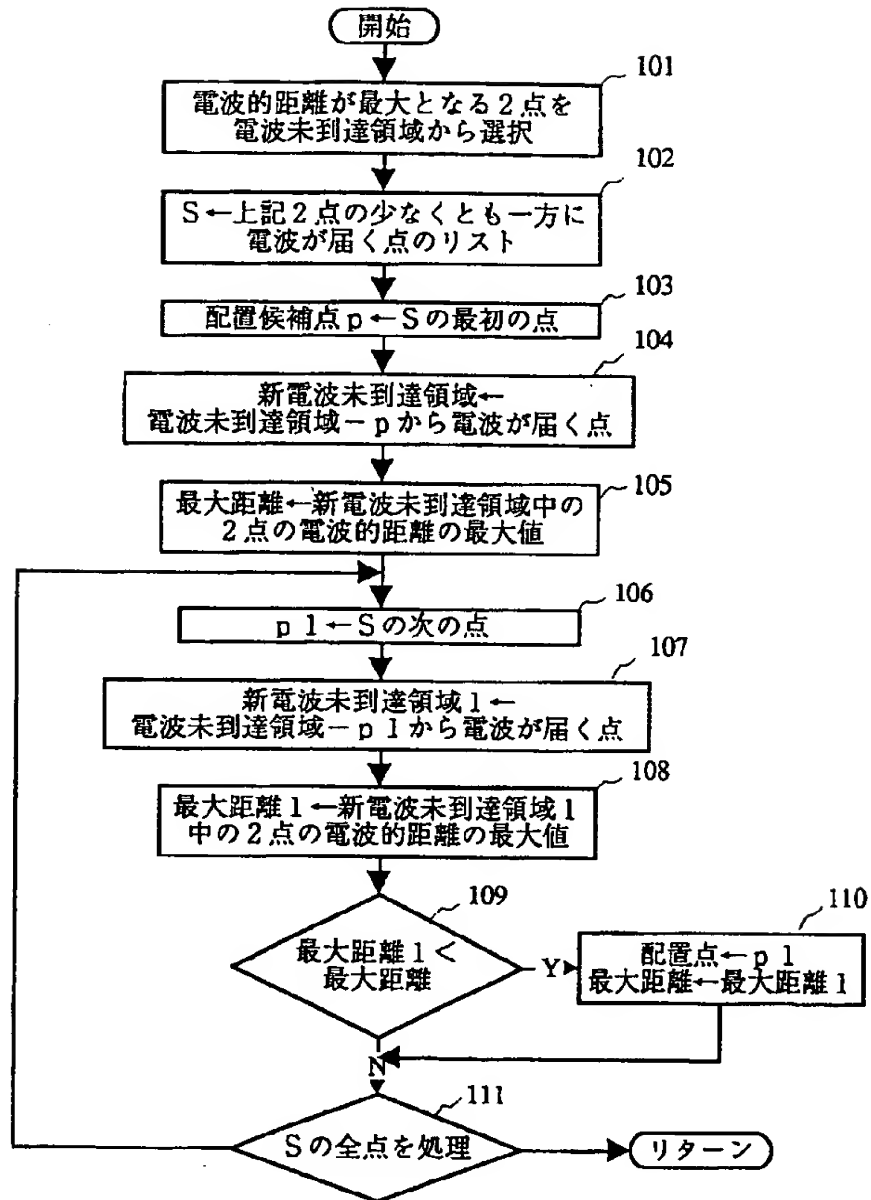
【図4】



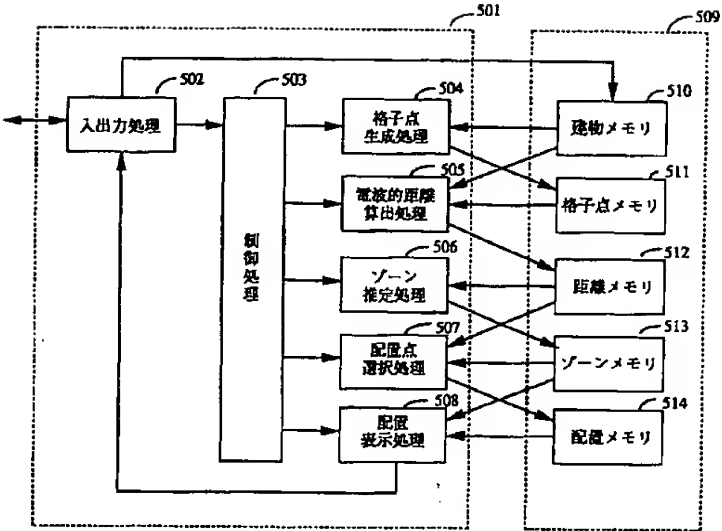
【図8】



【図 1】



【図 5】



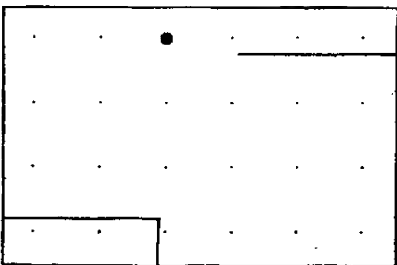
【図 9】

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

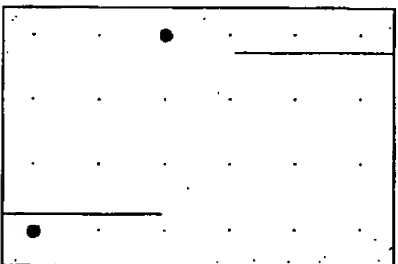
【図 6】

格子点 \ 格子点	1	2	...	j	...
1	0				
2	d <sub>21</sub>	0			
...	.	.	.	.	.
i	d <sub>i1</sub>	d <sub>i2</sub>	...	d <sub>ij</sub>	.
...	.	.	.	.	.

【図 10】



【図 11】



【図 7】

